

이동통신 주민 통행자료와 커뮤니티 탐지기법을 활용한 생활권 추정: 전주시를 대상으로*

Estimation of Living Areas Using Mobile Phone Travel Data and Community Detection: A Case Study of Jeonju City

정혜윤 HeiYoon Chung**, 이경환 Kyoungwhan Lee***

Abstract

This study estimates living areas based on residents' actual travel patterns in Jeonju City, a small-to-medium-sized regional city, using mobile phone big data and community detection techniques. Existing living area plans have been established based on administrative boundaries, which often fail to reflect residents' actual mobility behaviors. To address this limitation, this study utilized floating population O/D data collected from LG U+ base stations, covering a total of 7,626,366 trips recorded in April 2024. The entire city was divided into 100×100m grid units.

Community detection was performed using the Leiden algorithm, with travel networks constructed for the total population as well as by age group, categorized into children and adolescents (under 19), youth (20~39), middle-aged (40~64), and elderly (65 and over). The modularity values ranged from 0.26 to 0.44 across all groups, confirming statistically meaningful community structures.

Results show that the travel-based living areas derived from community detection differ substantially from the five large living zones designated in Jeonju's Urban Master Plan. The total travel analysis identified six communities, with the northern and western living zones each subdivided into two communities, and one community spanning across the boundary between the southern and western zones. Age-specific analyses further revealed that adolescents formed eight communities while youth, middle-aged, and elderly groups each formed seven, indicating that spatial living area structures vary considerably by age group.

These findings suggest that living area plans based solely on administrative boundaries are insufficient to capture residents' actual mobility patterns. This study provides empirical evidence and foundational data for establishing travel pattern-based, age-responsive living area plans in regional cities.

Keywords: Mobile Big Data, Community Detection, Living Area Estimation, Leiden Algorithm

I. 서론

생활권은 통근, 통학, 쇼핑, 여가, 친교, 업무, 공공서

비스 등 주민들의 일상활동이 이루어지는 공간범위로 도시계획에서 생활권 계획은 생활권을 대상으로 주민들의 요구와 지역특성에 맞는 생활환경 개선 과

* 본 논문은 대한민국 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2025S1A5A2A01011134).

** 국립공주대학교 도시융합시스템공학과 석사졸업(제1저자) | Master's Graduate, Dept. of Urban Convergence Systems Engineering, Kongju National Univ. | Primary Author | heiyoony7@gmail.com

*** 국립공주대학교 도시·교통공학과 교수(교신저자) | Prof., Dept. of Urban and Transportation Engineering, Kongju National Univ. | Corresponding Author | khlee39@kongju.ac.kr

제를 발굴하고 해결하는 계획을 의미한다(서울시 2017). 이와 관련하여 최근 국토교통부는 도시계획 혁신 방안을 통해 도시계획 체계를 시대변화에 맞게 적극 개편하기 위해 노력하고 있으며, 이 과정에서 생활권 계획의 도입은 중요한 의제로 논의되고 있다. 실제 현재 도시계획 체계는 20세기 제조업 시대에 마련된 것으로 토지용도와 밀도를 엄격하게 구분하여 운용하고 있지만 최근에는 경제·사회구조 변화로 인해 직주근접형 공간구조, 한정된 공간을 효율적으로 활용하는 압축도시 등 새로운 공간전략이 요구된다. 또한 도시기본계획이 도시의 미래 발전상을 수립하는 거시적인 계획으로 지역 생활상 반영에 한계가 있기 때문에 생활권 계획을 제도화하여 도입할 필요가 있으며, 도시 내에서 실질적인 경제·사회활동이 이루어지는 공간 단위로 수립 범위를 설정하고 생활권계획을 통해 관광·산업 등 생활인구를 고려할 수 있도록 정책적 개선 방향이 논의되고 있다(국토교통부 2023).

한편 서울시는 2030 서울 생활권 계획을 통해 5개 권역, 116개 지역생활권을 설정하였으며, 이 과정에서 지형·하천·도로 등 물리적 경계를 기본 틀로 삼되, 도시 성장 이력, 중심지 체계, 토지이용 패턴, 행정구역, 교육학군, 거주인구 특성, 관련 계획 등 다층적 기준을 병합하고, 자치구 의견을 수렴하여 생활권 경계를 확정하였다(서울시 2017). 최근 들어서는 서울시뿐만 아니라 15분 도시 생활권 조성을 목표로 부산, 제주 등에서도 생활권 계획을 수립하고 있다. 생활권은 주민들의 다양한 일상생활을 수용할 수 있고, 계획을 통해 일상생활의 편리함을 제공할 수 있는 일단의 공간 단위로 수립되어야 한다. 하지만 현 생활권 계획의 기본 단위는 행정동 경계이며 자치구 경계를 넘지 않도록 생활권을 설정하는 등 생활권 설정에 한계가 있다(오병록 2014; 서울시 2017). 하지만 실제 주민들의 일상 통행은 계획을 통해 설정한 생활권 경계와

는 상이하게 나타나고 있다(오병록 2012). 이는 지역 간 불균형을 발생시킬 수 있으며 교통 및 인프라 문제, 서비스 접근성 및 지역 경쟁력 저하까지 야기할 수 있어 실제 지역주민들의 통행 패턴을 반영한 생활권 계획 수립이 요구된다.

한편 코로나19 팬데믹 이후 금융 경제를 포함한 삶의 방식과 기준 등이 사회 전반적으로 변화하였다. 디지털 서비스의 일상화는 소비, 여가, 노동, 교육 등 일상생활의 여러 부문을 변화시키며 실제 공간의 변화까지 이어지고 있고, 코로나19로 인해 원거리 이동이 줄어들고 동네 안에서 여가, 휴식, 일상생활을 즐기는 ‘동네화’ 경향이 강해졌다. 생활권 계획은 주민 생활과 직접적인 관계를 갖는 계획으로 행정구역 경계를 기반으로 한 기계적인 생활권 설정보다는 실제 주민들이 일상통행 패턴을 반영한 계획이 필요하다. 이와 관련하여 최근 이동통신사에서 제공하는 위치 기반 빅데이터 활용이 확대되면서 실제 주민들의 이동 패턴을 반영한 생활권 연구가 진행되고 있다. 특히 커뮤니티 탐지기법(Community Detection)은 통행 네트워크에서 내적으로 강하게 연결된 공간 군집을 탐색하는 방법으로, 실제 생활권 추정에 유용하게 활용될 수 있다(하정원, 김예진, 이수기 2024).

또한 생애주기에 따라 통행의 목적, 거리, 수단이 상이하기 때문에 단일한 생활권 설정만으로는 연령대별 공간 수요를 충분히 반영하는데 한계가 있다. 관련 선행연구 결과들을 살펴보면 아동·청소년은 학교 통학 중심의 근거리 이동 패턴을 보이고, 청년은 직장 통근 및 여가·소비 목적의 광역적 이동 패턴을 보이며, 노년층은 보행 및 대중교통 기반의 생활 밀착형 이동이 나타난다. 따라서 연령대별로 차별화된 생활권을 실증적으로 도출하는 것은 생활 SOC 입지 계획 및 각 연령대에 맞는 맞춤형 공공서비스 공급 방안 수립에 중요한 근거 자료가 된다.

본 연구는 전주시를 대상으로 이동통신 빅데이터

를 활용하여 지역주민들의 일상통행 특성을 반영한 생활권을 추정하는 데 목적이 있다. 구체적으로는 커뮤니티 탐지기법을 활용하여 실제 주민들의 통행 기반 연결 관계를 도출하여 지역주민들의 통행 특성을 반영한 생활권을 추정하고, 기존 도시기본계획에서 추정한 생활권과 비교를 통해 기존 생활권 계획의 한계를 제시한다. 이와 같은 과정을 통해 기존 행정구역 기반의 생활권 계획에서 벗어나 실제 지역주민들의 일상통행 특성을 반영한 생활권을 제시함으로써 도시 공간의 불균형을 해소하고 지역 간 연계성을 강화하기 위한 정책적 시사점을 제안하고자 한다.

II. 관련 이론 및 선행연구 고찰

1. 생활권의 개념 및 계획적 의의

표준국어대사전에 의하면 생활권은 행정구역 경계와 무관하게 주민이 통근·통학·쇼핑·여가 등 일상활동을 실질적으로 영위하는 공간적 범위로 정의된다. 19세기 후반 산업혁명과 도시화과정은 위생 문제, 환경오염 등 심각한 도시 문제를 야기하였으며, 이에 대한 해결책으로 도시계획의 중요성이 부각되었고, 이 과정에서 자연스럽게 생활권 개념이 등장하였다.

영국의 하워드는 인구 집중을 억제하기 위해 전원 도시 개념을 도입하였으며, 1920년대 미국에서 개발된 클래런스 페리(Clarence Perry)의 근린주구 이론의 바탕이 되었다. 페리의 근린주구는 초등학교, 작은 공원과 놀이터, 작은 규모의 상점, 모든 공공시설을 안전하게 걸어서 접근할 수 있도록 건물과 도로를 적절하게 배치해야 한다고 주장하였으며 초등학교를 기준으로 반경 400m를 근린생활권으로 규정하였다. 이후 생활권에 대한 개념과 근린주구의 적절한 규모에 대해서는 연구자에 따라 다양하게 제시되었다. Mumford(1954)는 생활권을 구성원이 상호 교류하

는 동시에 각자의 독립성을 유지하는 도시 생활의 핵심 지리 단위로 규정하였으며, Martin(2003)은 이 개념을 사회적 측면으로 확장하여, 정치·경제·문화적 활동을 통해 사회제도와 사회구조가 지속적으로 재생산되는 특정 공간으로 생활권을 파악하였다. 이와 같이 생활권은 경계가 구분되는 물리적 공간으로 그 공간 안에서 이루어지는 유무형의 활동, 행위의 영향을 받아 형성되고 변화하는 3차원 공간으로 볼 수 있으며, 도시계획에서 다루고 있는 생활권은 일정 공간에서 사람들의 공통적인 활동의 범위를 조사하고 계획함으로써 행정서비스, 공공 및 편익시설 제공에 필요한 적절한 배치를 위한 중요한 기준으로 이용되고 있다(오병록 2012).

한편 생활권은 개념적으로 기능지역(functional region)으로서의 생활권과 등질지역(homogeneous region)으로서의 생활권으로 구분된다. 전자는 행정구역과 무관하게 실제 주민들의 통행, 상호작용 흐름에 의해 형성되는 상호연계 공간 단위이며, 후자는 토지이용, 인구밀도 등 동질적 속성으로 구획된 공간이다(하재현, 이수기 2016). 기반시설 배치와 행정서비스 공급을 위한 규범적 계획 단위로서의 전통적 생활권이 등질지역 성격에 가깝다면, 실제 주민 이동 패턴에서 도출되는 기능적 생활권은 기능지역의 성격에 해당한다. 본 연구에서 도출하고자 하는 생활권은 후자, 즉 주민 통행 흐름에 의해 형성되는 기능지역으로서의 생활권에 해당한다.

이와 같은 기능지역으로서의 생활권 개념은 도시 지리학에서 제시하는 기능적 도시권역(Functional Urban Area: FUA)과도 개념적으로 연결된다. 기능적 도시권역은 실질적인 사회경제적 소통과 연결이 이루어지는 구역으로 도시 핵심부(city core)와 그 통근 권역(commuting zone)으로 구성된다(OECD 2012). 기능적 도시권역은 행정 경계에 구애받지 않고 주민들의 실질적인 이동과 경제활동에 기반하여 도시 영

역을 설정하는 접근법으로 본 연구에서 이동통신 빅 데이터를 통해 탐색하는 기능적 생활권의 이론적 기반을 제공한다. 나아가 Castells(1996)는 정보화 사회에서 인간의 활동이 고정된 장소의 공간(space of places)이 아닌 흐름의 공간(space of flows)으로 재편된다고 주장하였는데, 이는 이동통신 데이터로 포착되는 주민들의 이동 패턴이 도시의 기능적 영역을 구성한다는 본 연구의 관점과 이론적으로 맞닿아 있다. 이와 같은 이론적 맥락에서 본 연구에서 활용하는 이동통신 빅데이터는 행정구역에 구애받지 않고 실제 주민들의 이동 궤적을 포착한다는 측면에서 기능적 지역 탐색에 적합한 자료라고 판단되며, 본 연구의 분석 설계는 기능적 도시권역 및 흐름의 공간 개념이 제시하는 ‘실질적 이동 기반 영역성’을 이동통신 빅데이터와 커뮤니티 탐지기법을 통해 한국 지방 중소도시 맥락에서 실증하고자 하는 시도로 볼 수 있다.

우리나라에서 생활권의 공간적 범위와 경계는 「도시·군기본계획수립지침」을 법적 근거로 삼아 20년 주기로 갱신되는 도시(군)기본계획의 공간구조 계획 항목에서 결정된다. 생활권 경계 설정 시에는 도시 성장 궤적 및 개발 축, 기능 체계 및 토지이용 유형, 인구 분포 및 자연환경, 주민 생활 여건 등이 복합적으로 적용된다. 그러나 현재 우리나라 도시(군)기본계획에서 설정하고 있는 생활권은 대부분은 인구 구조와 분포를 기준으로 설정되어, 도시의 다양한 특성을 충분히 반영하지 못하는 한계를 가진다.

2. 커뮤니티 탐지기법을 활용한 생활권 추정

지역주민들의 통행 행태를 분석한 국내외 많은 연구들은 가구통행실태조사와 같이 주로 설문조사를 통해 만들어진 데이터를 기반으로 분석을 수행하였다. 오병록(2014)은 가구통행실태조사 자료를 활용하여 통행 수단 및 목적별 공간 범위를 분석하고 이를 활용

하여 서울시 생활권을 구분하였으며, 하재현, 이수기(2016)는 2010년 수도권 가구통행실태조사의 통행 특성별 OD 자료에 커뮤니티 탐지기법을 적용하여 공간 위계별 생활권 경계를 도출하였다. 가구통행실태 조사와 같은 설문조사 기반의 데이터는 개인의 실제 이동 데이터를 기반으로 통행 목적, 수단별로 다양한 변수를 수집할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 설문조사 기반 데이터는 응답자의 기억에 의존하여 데이터가 수집되기 때문에 왜곡되었을 가능성이 존재한다. 또한 대규모 설문조사는 인력, 비용, 시간이 많이 소요되기 때문에 빅데이터를 구축하는데 한계가 있다. 이로 인해 최근 들어 이동통신사에서 제공하는 모바일 위치 기반 데이터를 활용한 생활권 연구가 국내외에서 활발하게 진행되고 있다. 모바일 위치 기반 데이터는 실시간 데이터 수집을 통해 개인의 이동 경로를 정확하게 파악할 수 있고 방대한 양의 빅데이터를 확보할 수 있어 통계적 유의성이 높다는 장점이 있다.

한편 네트워크 분석기법 중 하나인 커뮤니티 탐지기법은 지역주민들의 통행 데이터를 기반으로 실제 생활권을 추정하기 위해 사용되어 왔다(하재현, 이수기 2016; 하정원, 김예진, 이수기 2024). 커뮤니티 탐지기법(Community Detection)의 ‘커뮤니티’는 네트워크 과학에서 사용되는 분석 방법론의 공식 명칭으로, 네트워크 내 노드들이 강하게 연결된 군집을 의미하는 수학적, 통계적 용어이다. 이는 의사소통과 협력이 이루어지는 집단을 의미하는 사회학적 공동체 개념과는 구별되며, 본 연구에서도 분석 방법론 명칭으로 활용하였다. 분석을 통해 도출된 결과는 통행 기반 생활권 또는 통행 기반 활동권역으로 표현하는 것이 정확하며, 본 연구에서는 두 표현을 혼용하여 사용하였다.

커뮤니티 탐지기법을 활용하여 생활권을 추정한 연구들을 살펴보면 Poorthuis(2018)는 빅데이터와 커뮤니티 탐지기법이 도시 근린의 이질적 특성을 파

악하는 데 유효한 수단임을 실증하였으며, Liu, Gong, Gong and Liu(2015)은 중국 상하이로 대상으로 택시 통행 데이터를 활용하여 도시공간구조를 분석하고 행정경계 기반 구분과 일치하지 않음을 확인하였다. 또한 Gao, Liu, Wang and Ma(2013)은 이동통신 데이터를 활용한 군집 탐색 알고리즘을 적용하여 도시의 공간적 상호작용 커뮤니티를 도출하였으며, Louail, Lenormand, Picornell and Cantu Ros et al.(2015)은 이동통신 빅데이터를 기반으로 도시 이동성 네트워크의 공간 구조를 분석하여 실제 도시 경계가 행정 경계와 상이함을 실증하였다. 국내에서도 관련 연구들이 진행되었는데, 조윤, 성현곤(2021)은 가구통행 실태조사 자료와 커뮤니티 탐지기법을 활용하여 통행 수단 및 목적별 생활권을 도출하고 기존 생활권과 비교를 통해 실제 도시기본계획에서 설정한 생활권이 지역주민들의 통행 특성을 반영하지 못한다고 주장하였다. 또한 김정우, 강범준(2024)은 2021년 개인통행 실태조사 자료를 활용하여 15분 통행 생활권을 추정하고 이를 서울시 지역생활권 경계와 비교를 통해 실제 거주자들의 이동 패턴과 불일치함을 확인하였다.

하지만 기존 연구들, 특히 국내에서 진행된 연구들은 대부분 가구통행실태조사, 개인통행실태조사와 같이 행정동 단위로 조사가 이루어지는 설문조사 데이터를 분석에 활용함으로써 분석단위가 행정동 단위로 진행됨에 따라 실제 주민들의 미시적인 이동 패턴을 정확하게 반영하는 데 한계가 있다.

3. 본 연구의 독창성

생활권에 대한 개념을 검토하고 빅데이터와 네트워크 분석을 활용한 생활권 추정 관련 선행연구들을 살펴 보았을 때 본 연구는 다음과 같은 측면에서 독창성을 갖는다.

첫째, 지방 중소도시를 대상으로 한 실증 연구라는

점에서 독창성을 갖는다. 생활권 구분과 관련된 선행 연구 대부분은 서울, 수도권 등 대도시를 중심으로 수행되어 왔으며, 지방 중소도시를 대상으로 한 연구는 상대적으로 부족한 실정이다. 지방 중소도시는 구도심 쇠퇴, 인구 감소, 고령화 등 대도시와는 구별되는 공간적 특성을 지니고 있어 대도시 중심의 연구 결과를 그대로 적용하는데 한계가 있다. 본 연구는 구도심과 신시가지가 공존하는 이중적 도시구조를 지닌 전주시를 대상으로 지방 중소도시 주민들의 실제 통행 패턴에 기반한 생활권 수립 방향을 제시하였다.

둘째, 이동통신 빅데이터를 활용한 미시적 공간 단위 분석을 수행하였다는 측면에서 독창성을 갖는다. 기존 연구들은 주로 가구통행실태조사와 같은 설문 기반 데이터를 활용함으로써 행정동 단위의 거시적 관점에서 생활권을 분석하는 데 집중하였다. 하지만 설문 기반 데이터는 응답자의 기억에 의존하여 왜곡이 발생할 수 있고, 대규모 표본 확보에 한계가 있으며, 설문조사가 주로 행정동 단위로 진행되다 보니 도시 내 주민들의 미시적 이동 패턴을 정확히 반영하는데 한계가 있다. 반면 본 연구는 LG U+ 이동통신 기지국에서 수집된 휴대전화 위치데이터를 활용하여 주민들의 일상통행 데이터를 구축하였으며, 이를 통해 전주시 전역을 100×100m 격자 단위로 구분하고 약 762만 개 통행 데이터를 분석에 활용함으로써, 행정동 단위보다 훨씬 미시적인 단위에서 실제 주민들의 통행 행태를 반영한 생활권을 추정하였다.

셋째, 전체 통행과 연령별 통행을 구분하여 생활권을 추정하였다는 점에서 독창성을 갖는다. 기존 연구들은 주로 전체 통행 또는 수단·목적별 통행을 기준으로 생활권을 구분하였으나, 연령대별로 생활권을 세분화하여 분석을 수행한 연구는 상대적으로 미흡하였다. 이에 비해 본 연구는 생애주기에 따라 아동 및 청소년기(19세 이하), 청년기(20~39세), 중장년기(40~64세), 노년기(65세 이상)로 구분하고 연령별 통

행 기반 커뮤니티를 각각 도출하여 연령에 따른 생활권의 공간적 범위와 구조가 서로 상이함을 실증적으로 확인하였으며, 연령별 맞춤형 생활권계획 수립을 위한 기초자료를 제공한다는 점에서 기존 연구와 차별성을 갖는다.

III. 분석의 틀

1. 연구대상지 선정 및 자료 구축 방법

본 연구는 전라북도 전주시를 연구 대상지로 선정하였다. 전주시는 2024년 10월 기준 인구 약 64만 명의 지방 중소도시로 행정구역은 2개 행정구(완산구, 덕진구)와 35개 행정동으로 구성되며 면적은 205.49km²이다. 전주시는 역사성이 깊은 구도심 지역과 대규모 신시가지가 공존하는 이중적 도시구조를 지니고 있어, 지역 내 주민들의 통행 패턴의 공간적 이질성이 두드러진다.

2035 전주도시기본계획에서는 전주시 생활권을 5개 권역으로 구분하였으며, 구체적으로는 <그림 1>과 같다. 중앙동을 포함한 중앙생활권 내에는 시청 및 주요 공공청사가 입지해 있다. 인후1·2·3동을 포함하는 동부생활권에는 주거환경 정비 및 도시재생사업이 추진되었다. 효자4동을 포함하는 서부생활권은 전북도청, 전북교육청 등이 입지해 있다. 서서학동을 포함한 남부생활권은 도시재생사업 및 주거환경 개선사업이 진행되었다. 조촌동을 포함한 북부생활권에는 혁신도시가 위치해 있다.

본 연구에서는 LG U+에서 제공하는 휴대전화 위치 데이터를 가공해서 전주시 시민들의 통행 데이터를 구축하였다. 구체적으로는 2024년 4월 1일부터 4월 30일까지 1개월 데이터를 활용하였다. 또한 전주시 전체를 100×100m 격자로 구분하여 데이터를 가공하였고 연령별 통행은 생애주기 구분을 참고하여

그림 1 2035 전주도시기본계획에서 설정한 전주시 생활권



19세 이하를 아동 및 청소년기, 20~39세를 청년기, 40~64세를 중장년기, 65세 이상을 노년기로 구분하였다. 전주시 100×100m 격자는 총 21,027개이며, 분석에 활용한 통행 데이터는 7,626,366 trip이다. 연령대별 통행량은 아동 및 청소년 통행 822,831 trip, 청년 통행 2,253,893 trip, 중장년 통행 3,397,471 trip, 노년 통행 1,152,171 trip으로 나타났다.

2. 분석방법

본 연구에서는 생활권 구분을 위해 커뮤니티 탐지기를 활용하였다. 커뮤니티 탐지기법이란 네트워크에서 응집력 있는 그룹 또는 클러스터를 발견하는 분석 방법이다. 그래프는 개체를 의미하는 노드(node)와 노드 간 관계를 의미하는 엣지(edge)로 구성되며 연관된 노드와 엣지를 기반으로 커뮤니티를 생성하게 된다. 본 연구에서는 동일한 출발-도착지(OD) 쌍으로 구성된 여러 개의 trip이 중복되는 것을 방지하기 위해 동일한 OD를 갖는 trip은 통합하여 하나의 엣지로 재구성하였다. 분석에 활용된 노드 및 엣지 개수는 <표 1>과 같다.

표 1 노드 및 엣지 개수

구분		개수
노드	총통행	17,398
	아동 및 청소년 통행	12,167
	청년 통행	14,805
	중장년 통행	16,750
	노년 통행	15,352
엣지	총통행	3,811,132
	아동 및 청소년 통행	496,624
	청년 통행	1,376,272
	중장년 통행	2,080,746
	노년 통행	760,582

〈표 1〉에서 총통행은 연령별 통행의 단순 합산이 아니라 LG U+ 기지국 데이터에서 수집된 전주시 전체 이동데이터를 트립(trip) 단위로 집계한 것으로 여러 사람이 한 대의 차량으로 이동할 경우 한 개 통행으로 집계되기 때문에 총통행의 노드·엣지 수가 각 연령별 통행의 합보다 작게 나타난다.

도출된 커뮤니티의 품질은 모듈성(Modularity) 지수로 평가된다. 모듈성은 군집 내 연결 밀도가 무작위 연결 대비 얼마나 높은가를 정량화한 값으로, 군집 내 결속력과 군집 간 분리성을 동시에 반영한다. 값의 범위는 -1에서 1이며, 1에 가까울수록 커뮤니티 경계가 뚜렷하고 내부 연결이 긴밀함을 나타낸다. A_{ij} 는 i 와 j 두 노드 간 이동 여부를 나타내는 값으로, 이동이 있으면 1, 없으면 0이며, k_i 와 k_j 는 각 노드에서 노드로의 총이동량을 나타낸다. m 은 모든 노드 간 이동량의 총합이고 c_i 와 c_j 는 두 노드가 같은 커뮤니티에 속하는지를 나타내는데, 같은 커뮤니티에 속하면 1, 속하지 않으면 0의 값을 가진다. 모듈성을 계산하는 기본식은 다음과 같다.

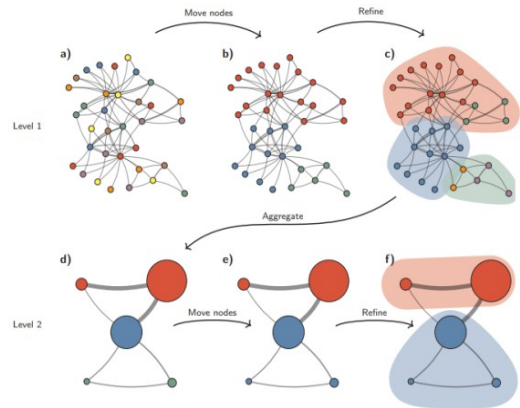
$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} (A_{ij} - \gamma \frac{k_i k_j}{2m}) \delta(c_i, c_j)$$

〈식 1〉 모듈성 계산식

본 연구에서는 커뮤니티 탐지기법을 수행하는 알고리즘 중 라이덴(Leiden) 알고리즘을 활용하였다. 라이덴 알고리즘은 기존 알고리즘의 구조적 단점을 개선한 알고리즘으로 모든 커뮤니티가 내부적으로 연결된 상태를 보장하는데, 이는 대용량 공간 네트워크 분석에서 커뮤니티 경계의 신뢰성을 높일 수 있는 장점이 있다(Traag, Waltman and Van Eck 2019). 이와 같은 특성으로 인해 라이덴 알고리즘은 주로 사회적인 상호작용이나 생물학적 경로를 해석하는 데 이용되며, 수행 속도가 빠르고 기존 알고리즘에 비해 개선된 군집성을 보이며, 이로 인해 빅데이터를 활용한 네트워크 분석에 유용하다.

라이덴 알고리즘은 총 3단계로 구성되며(Traag, Waltman and Van Eck 2019), 각 단계는 〈그림 2〉와 같다.

그림 2 Leiden 알고리즘



자료: Traag, Waltman and Van Eck 2019.

1단계는 노드의 이동으로 개별 노드가 한 커뮤니티에서 다른 커뮤니티로 옮겨 모듈성을 최대화하기 위해 노드를 정렬한다. 정렬된 각 노드를 자체 개별 커뮤니티에 배치한 다음 모듈성을 극대화하기 위한 커뮤니티에서 다른 커뮤니티로 이동하면서 집합

체를 수정한다. 이후 2단계에서 커뮤니티 세분화 과정을 수행하는데 노드들이 이동하는 과정을 반복하여 초기 커뮤니티를 생성하고 세분화하는 과정을 거친다. 마지막으로 3단계인 네트워크 집계 단계에서는 초기 커뮤니티를 노드로 생성하고 모듈성이 최적일 때까지 커뮤니티(노드)를 이동해가며 새로운 커뮤니티를 생성한다. 노드가 최적의 상태로 정렬되어 개선했을 수 없을 때 알고리즘은 종료된다.

본 연구에서는 Python을 활용하여 분석을 수행하였다. 구체적으로는 igraph 라이브러리를 활용하여 구축된 네트워크를 기반으로 Leiden 알고리즘을 적용한 커뮤니티 탐지분석을 수행하였다.

IV. 주민 통행 기반 생활권 추정 결과

주민 통행을 기반으로 커뮤니티 탐지를 수행하기 위해 본 연구에서는 해상도를 1.0으로 설정하였다. 해상도 값은 커뮤니티의 크기와 수에 직접적인 영향을 미치는데, 값이 클수록 소규모 커뮤니티가 많이 생성되고, 값이 작을수록 대규모 커뮤니티가 생성된다. 해상도 1.0은 알고리즘의 기본값으로 본 연구의 분석 단위(100m 격자)와 도시 규모를 고려할 때 전주시 생활권 수준의 커뮤니티를 식별하기에 적합한 설정으로 판단하였다. 구체적으로 해상도를 1.0으로 설정한 것은 도시기본계획 수준의 대생활권에 상응하는 공간 단위의 탐색에 적합하며, 향후 해상도 값을 높여 더 세분화된 탐색을 수행할 경우 중생활권, 소생활권 등 미시적인 커뮤니티 도출도 가능하다.

각 통행별 모듈성 값은 <표 2>와 같다. 각 종속변수의 모듈성 값은 0.26~0.44의 값을 갖는 것으로 나타나는데 일반적으로 모듈성 값이 0.2~0.3일 경우 통계적으로 유의미한 구조가 존재하고, 0.3 이상일 경우 내부 결속력이 강한 군집이 도출되었다고 평가할 수 있다. 따라서 본 연구에서 구분된 커뮤니티의

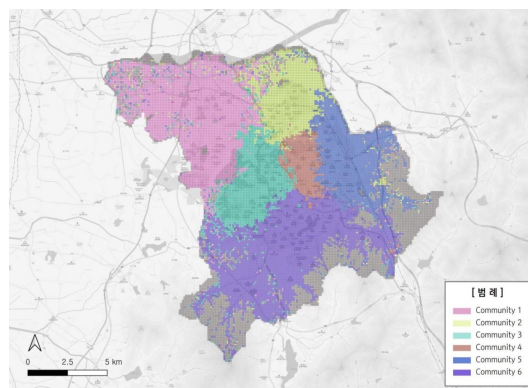
연결성은 통계적으로 유의미한 관계를 갖는 것으로 판단된다.

표 2 각 통행별 모듈성

구분	모듈성 값
총통행	0.26
아동 및 청소년 통행	0.44
청년 통행	0.27
중장년 통행	0.27
노년 통행	0.33

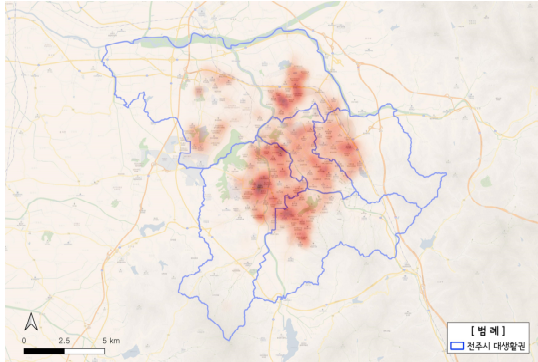
전주시 지역주민들의 통행 데이터를 기반으로 커뮤니티 탐지를 수행한 결과는 <그림 3>과 같다.

그림 3 주민 통행 기반 커뮤니티 분석결과



분석결과 6개의 커뮤니티가 도출되었는데, 이를 전주시 도시기본계획에서 설정한 생활권과 비교했을 때 개수뿐만 아니라 생활권 경계도 차이가 있는 것으로 나타났다. 이를 구체적으로 살펴보면 기존 도시기본계획에서 설정한 북부생활권과 서부생활권은 주민 통행 기반 커뮤니티 분석결과에서는 각각 2개 커뮤니티로 구분되었으며 커뮤니티 6은 남부생활권과 서부생활권에 걸쳐서 나타났다.

커널밀도 분석을 활용하여 통행 밀집지역을 분석한 결과는 <그림 4>와 같다.

그림 4 커널밀도 분석을 통해 도출한 통행 밀집지역

북부생활권은 송천동 주거지역 일대와 전북혁신도시 시 그리고 여의동 법조타운 주거지역 주변, 전주 월드컵 경기장과 여의동 주거지 인근지역에서 통행이 많이 발생하는 것으로 나타났다. 북부생활권이 2개 커뮤니티로 분할되는 것은 혁신도시 개발로 인한 신·구 주거지역 간 통행 단절과 밀접하게 연관된 것으로 판단된다. 혁신도시 인근은 주거·업무 기능이 집중되어 있어 내부 통행이 강하게 형성되는 반면, 기존 송천동 주거지역은 기성 상업·생활 인프라를 중심으로 별도의 통행 생활권을 형성하고 있다. 서부생활권에서는 전라북도청 주변 상업지역과 서신동의 마트, 백화점 주변에서 통행이 많이 발생하였다. 서부생활권의 경우 전라북도청 등 대형 공공시설 주변과 서신동 백화점, 마트 상권이 독립된 통행 집중지역을 형성하면서 2개 커뮤니티로 분할된 것으로 판단된다. 중앙생활권에서는 시청 주변에서 통행이 많이 발생했고 동부생활권은 우아2동 주민센터 주변에서 통행이 많이 발생하였다.

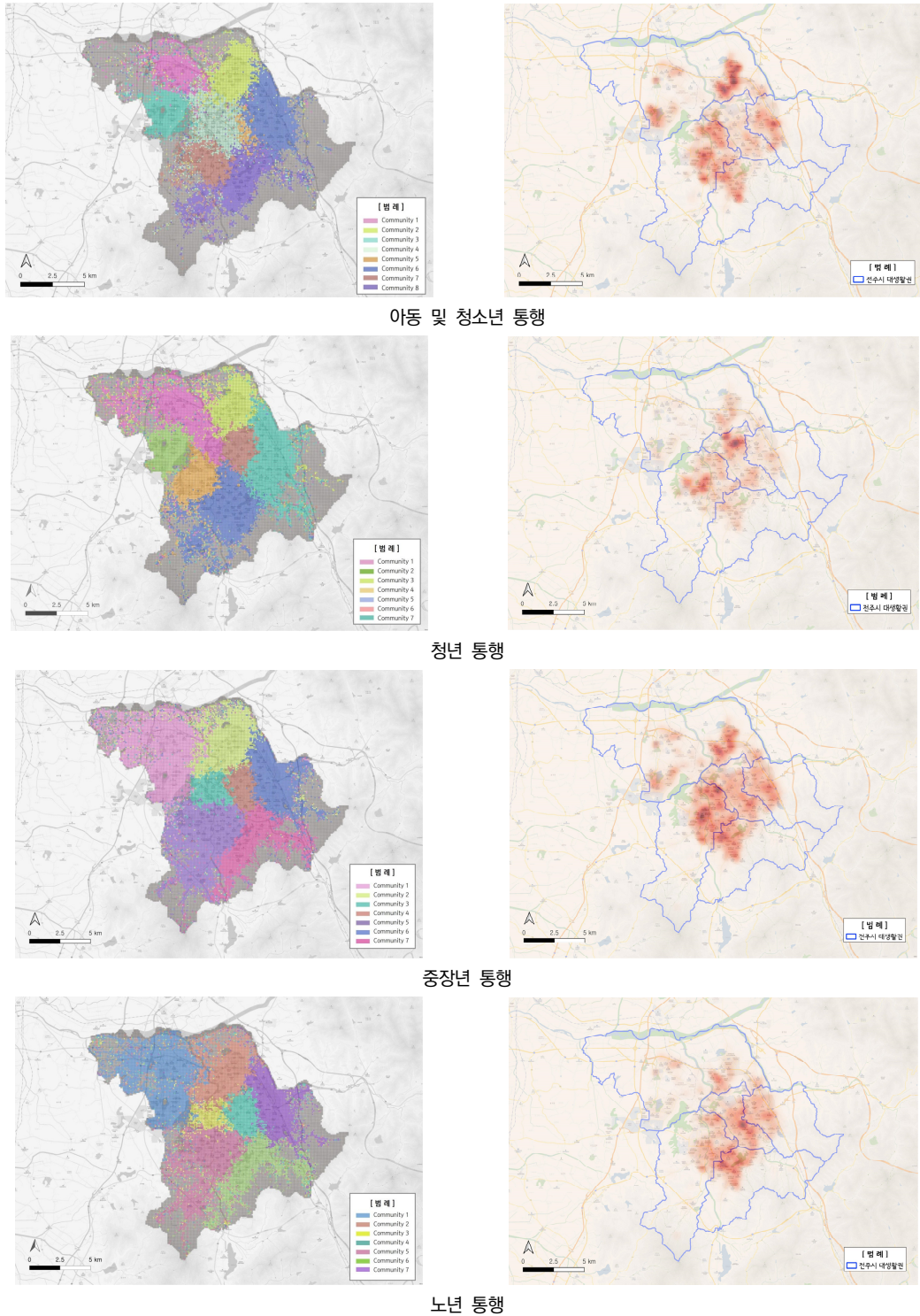
커뮤니티 탐지기법을 활용하여 연령대별 통행 기반 커뮤니티를 시각화 한 결과는 <그림 5>와 같으며, 이를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

아동 및 청소년층의 통행 기반 커뮤니티는 8개로 도출되었다. 구체적으로는 조촌동과 여의동에 걸쳐서 나타나는 커뮤니티 1, 송천1, 2동과 호성동 일부를

포함하는 커뮤니티 2, 전북혁신도시와 여의동 법조타운을 포함하는 커뮤니티 3, 팔복동, 덕진동, 서신동, 중화산2동, 효자5동 일부를 포함하는 커뮤니티 4, 진북동과 중앙동 일부지역을 포함하는 커뮤니티 5, 인후1, 2, 3동, 노송동, 금암 2동, 우아1, 2동 일부를 포함하는 커뮤니티 6, 효자2, 3, 4, 5동에 걸쳐서 나타나는 커뮤니티 7, 삼천3동, 평화1, 2동, 삼천1, 2동, 효자1동, 동서학동, 완산동, 풍남동, 중앙동, 중화산1동에 걸쳐서 나타나는 커뮤니티 8로 구분되었다. 통행 특성상 학교를 거점으로 한 보행 및 단거리 통행이 지배적이며, 커뮤니티 간 교류가 최소화되는 구조를 보인다. 모듈성 값은 0.44로 전 연령대 중 가장 높게 나타나는데 이는 학교라는 제도적·물리적 시설이 아동 및 청소년의 활동권역을 명확히 분리시키고 있음을 보여준다. 즉 아동 및 청소년의 활동권역은 학교라는 제도적 시설을 중심으로 형성된 학교 통학권 중심의 통행 활동권역으로 해석할 수 있으며, 이는 자발적 커뮤니티 형성의 결과가 아닌 제도적, 물리적 제약에 의해 형성된 공간 구조라고 할 수 있다.

청년층의 통행 기반 커뮤니티는 7개로 도출되었다. 구체적으로는 조촌동, 여의동, 팔복동 일부를 포함하는 커뮤니티 1, 혁신동과 여의동에 걸쳐서 나타나는 커뮤니티 2, 송천1, 2동과 호성동 일부를 포함하는 커뮤니티 3, 효자4, 5동과 중화산2동에서 나타나는 커뮤니티 4, 중화산1, 2동, 효자1, 2동, 완산동, 삼천 1, 2, 3동, 평화1, 2동, 서서학동을 포함하는 커뮤니티 5, 덕진동, 금암1, 2동, 인후2동, 진북동 일부를 포함하는 지역은 커뮤니티 6, 우아1, 2동, 호성동 일부 지역, 인후1, 2, 3동, 노송동, 풍남동, 동서학동, 중앙동에 걸쳐서 나타나는 커뮤니티 7로 구분되었다. 청년층의 경우 직장까지 이동 거리가 상대적으로 길고 소비·여가 활동 공간이 광역적으로 분포하는 특성이 있기 때문에 아동·청소년 대비 커뮤니티 경계가 덜 명확하게 나타났다. 즉, 청년층들은 직장 통근과

그림 5 연령대별 통행 기반 커뮤니티 추정 결과 및 통행 밀집지역 현황



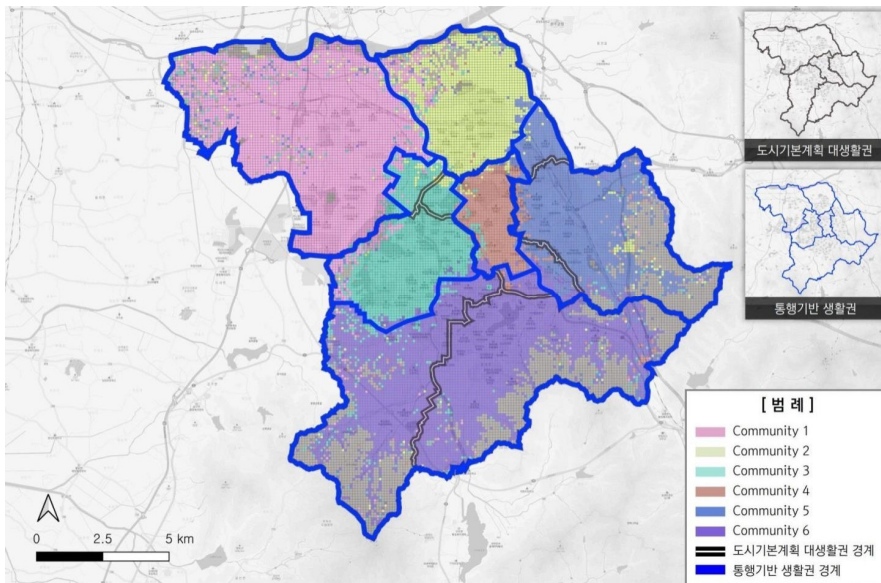
소비·여가 활동이 광역적으로 분포하며 이로 인해 신시가지와 구시가지를 아우르는 이동 패턴이 나타났다. 모듈성 값은 0.27로 중장년층과 함께 가장 낮게 나타났는데 이는 청년층의 광역적 이동 특성이 커뮤니티 간 경계를 약화시킴을 보여준다.

중장년층의 통행 기반 커뮤니티는 7개로 도출되었다. 조촌동, 여의동, 혁신동과 팔복동 일부 지역을 포함하는 커뮤니티 1, 송천1, 2동과 호성동 일부, 팔복동 일부를 포함하는 커뮤니티 2, 서신동, 효자5동, 덕진동 일부를 포함하는 커뮤니티 3, 덕진동 일부, 금암1, 2동, 인후2동, 진북동, 중앙동, 조촌동 일부를 포함하는 커뮤니티 4, 중화산1, 2동, 효자1, 2, 3, 4, 5동, 삼천1, 2, 3동, 평화 2동을 일부 포함하는 커뮤니티 5, 호성동 일부, 우아1, 2동, 인후1, 3동을 포함하는 커뮤니티 6, 동서학동, 풍남동, 서서학동, 평화1, 2동 완산동 일부를 포함하는 커뮤니티 7로 구분되었다. 중장년층은 통행 특성상 서부 주거지역(커뮤니티 5)와 동북부 생활권(커뮤니티 4)이 각각 독립적인 커뮤니티를 형성하며 대형마트, 공공시설, 의료기관 등

생활 인프라를 중심으로 생활권이 구분되는 특징을 보인다.

노년층의 통행 기반 커뮤니티는 7개로 도출되었다. 조촌동, 여의동, 혁신동 일부를 포함하는 커뮤니티 1, 송천1, 2동과 호성동 일부, 팔복동, 덕진동, 서신동, 효자5동 일부를 포함하는 커뮤니티 2, 서신동, 효자5동 일부를 포함하는 커뮤니티 3, 덕진동 일부, 금암1, 2동, 인후2동, 진북동, 중앙동, 노송동 일부를 포함하는 커뮤니티 4, 중화산1, 2동, 효자1, 2, 3, 4, 5동, 삼천1, 2, 3동, 평화 2동을 일부 포함하는 커뮤니티 5, 풍남동, 동서학동, 완산동, 서서학동, 평화 1,2동을 포함하는 커뮤니티 6, 호성동 일부, 우아1, 2동, 인후1, 3동 지역을 포함하는 커뮤니티 7로 구분되었다. 노년층은 근거리 이동 중심의 커뮤니티로 도출되어 생활 밀착형 공간구조를 보였는데, 이는 노년층의 이동 반경이 대중교통 접근성과 보행 환경에 크게 제약을 받기 때문으로 해석된다. 모듈성 값은 0.33으로 청년층이나 중장년층에 비해 커뮤니티 경계가 더 명확하게 나타나 노년층의 협소한 이동 반경이 생활권

그림 6 지역주민들의 통행 특성을 반영한 생활권 추정 결과



구조를 강화함을 알 수 있다.

전반적으로 연령대별 통행 기반 커뮤니티도 도시 기본계획에서 설정한 생활권 경계와 일치하지 않는 것으로 나타났으며, 동일한 생활권 내에서도 연령대별로 서로 다른 커뮤니티를 형성하고 있음을 확인할 수 있다.

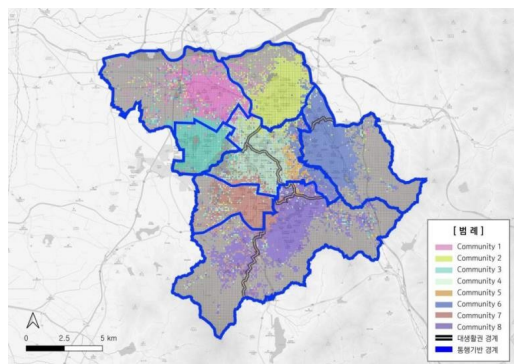
이어서 본 연구에서는 커뮤니티 탐지기법을 통해 도출한 커뮤니티를 기반으로 하도, 하천, 도로, 철도 등 지형 및 기반시설, 행정구역 등을 추가로 반영하여 전주시의 생활권을 추정하였으며, 전체 통행을 기반으로 추정한 생활권은 <그림 6>, 각 연령대별 통행을 기반으로 추정한 생활권은 <그림 7>과 같다.

V. 결론

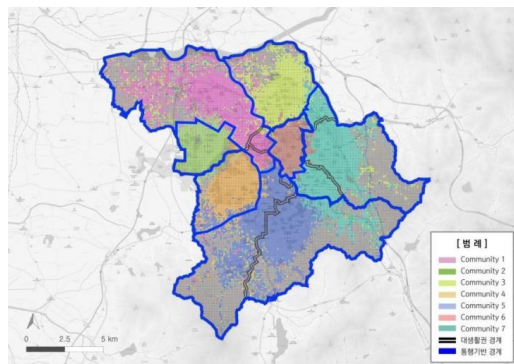
1. 연구결과 요약 및 정책적 시사점

본 연구는 지방 중소도시인 전주시를 대상으로 LG U+ 이동통신 빅데이터를 활용하여 커뮤니티 탐지기법을 적용하고, 실제 주민들의 통행 패턴을 기반으로 생활권을 추정하였으며, 이를 전주 도시기본계획에서 설정한 생활권과 비교를 통해 차이를 분석하였다. 분석을 위해 2024년 4월 한 달간 전주시 내에서 발생한 통행 데이터 총 7,626,366 trip을 분석에 활용하였으며, 전주시 전역을 100×100m 격자 단위로 구분하여 미시적 수준의 통행 네트워크를 구축하였다.

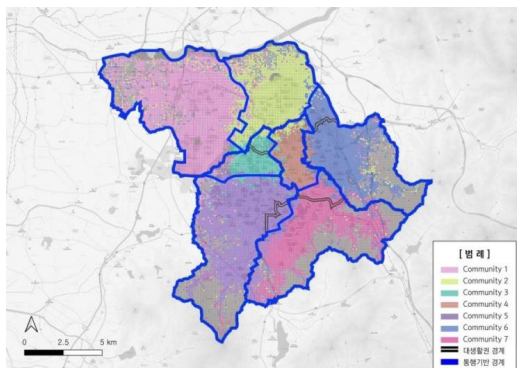
그림 7 연령대별 통행 특성을 반영한 생활권 추정 결과



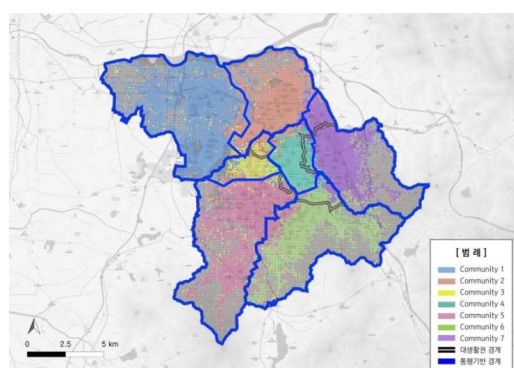
a) 아동 및 청소년 통행 특성을 반영한 생활권 추정 결과



b) 청년 통행 특성을 반영한 생활권 추정 결과



c) 중장년 통행 특성을 반영한 생활권 추정 결과



d) 노년 통행 특성을 반영한 생활권 추정 결과

커뮤니티 탐지기법을 활용하여 전주시 전체 통행량을 기반으로 분석을 수행한 결과 총 6개의 커뮤니티가 도출되었으며, 모듈성(Modularity) 값은 0.26으로 나타났다. 도출된 6개 커뮤니티를 전주 도시기본계획에서 설정한 5개 생활권 경계와 비교한 결과, 북부생활권과 서부생활권은 각각 2개의 커뮤니티로 분할되었으며, 커뮤니티 6은 남부생활권과 서부생활권 경계에 걸쳐 나타나는 등 행정구역 기반의 생활권 경계와 실제 주민 통행 패턴 간의 불일치가 확인되었다. 커널밀도 분석 결과, 통행 밀집 지역은 생활권별로 차별화된 특성을 보였다. 북부생활권에서는 송천동 주거지역, 전북혁신도시, 여의동 법조타운 인근에 통행이 집중되었으며, 서부생활권에서는 전라북도청 주변 상업지역과 서신동 마트·백화점 주변에서 높은 통행 밀도가 나타났다. 중앙생활권은 시청 주변, 동부생활권은 우아 2동 주민센터 주변에 통행이 밀집된 것으로 나타났다.

연령대별 통행 기반 커뮤니티 추정 결과, 아동 및 청소년층은 8개, 청년, 중장년, 노년층은 각각 7개의 커뮤니티로 구분되었으며, 연령대별 모듈성 값은 아동 및 청소년 0.44, 청년 0.27, 중장년 0.27, 노년 0.33으로 나타났다. 특히 아동 및 청소년의 모듈성 값이 가장 높게 나타난 것은 학교를 중심으로 한 근거리 통행이 집중되어 커뮤니티 경계가 비교적 명확하게 구분되기 때문으로 해석된다. 아동 및 청소년 통행의 경우 전북혁신도시와 여의동 법조타운을 포함하는 커뮤니티, 효자 2~5동에 걸친 커뮤니티 등 8개의 공간 클러스터가 도출되었으며, 청년 통행은 조촌동·여의동·팔복동 일부를 포함하는 커뮤니티 등 7개로 구분되었다. 중장년 통행은 효자·삼천·평화동 일대의 서부 주거지역과 덕진·금암·인후·진북동 일대의 동북부 생활권 등 7개 커뮤니티로 나타났으며, 노년 통행은 근거리 이동 중심의 7개 커뮤니티로 도출되어

생활 밀착형 공간구조를 보였다. 전반적으로 연령대별 통행 기반 커뮤니티는 도시기본계획에서 설정한 생활권 경계와 일치하지 않는 것으로 나타났으며, 동일한 생활권 내에서도 연령별로 서로 다른 커뮤니티 범위가 형성됨이 확인되었다.

최종적으로 커뮤니티 탐지 결과에 하천, 도로, 철도 등 지형 및 기반시설, 행정구역 등을 추가로 반영하여 전주시의 주민 통행 기반 생활권을 6개 권역으로 추정하였으며, 연령별로는 아동 및 청소년층 8개, 청년층, 중장년층, 노년층 각 7개의 생활권을 추정하였다. 추정된 생활권과 도시기본계획상 생활권을 비교한 결과, 전주시의 실제 주민 통행 기반 생활권은 행정구역 중심으로 설정된 현재 생활권 경계와 상당 부분 불일치하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 현재 생활권 계획이 주민들의 실제 통행 행태를 충분히 반영하지 못하고 있음을 의미하며, 빅데이터 기반의 실증적 통행 분석을 통해 생활권을 재설정할 필요가 있음을 시사한다.

아울러 본 연구에서 도출된 주민 통행 기반 생활권을 2035 전주시도시기본계획에서 설정한 5개 생활권과 비교하면 다음과 같은 주요 차이점이 확인된다. 첫째, 북부생활권이 혁신도시 개발로 인한 신·구 주거지역 간 통행 단절로 2개 활동권역으로 분할되었다. 둘째, 서부생활권이 전라북도청 주변 공공시설권역과 서신동 상업권역 간 통행 분리로 2개 활동권역으로 분할되었다. 셋째, 커뮤니티 6은 남부생활권과 서부생활권 경계를 가로질러 형성되어, 두 생활권 간 주민 통행이 행정 경계를 넘어서 나타남을 보여준다. 이러한 차이를 통해 현행 생활권 계획이 주민들의 실제 이동 패턴을 충분히 반영하지 못하고 있음을 알 수 있다.

본 연구 결과는 다음과 같은 정책적 시사점을 제시한다. 첫째, 도시기본계획 등을 통해 생활권 계획을 수립하기 위해서는 주민 통행 데이터 기반의 실증적

계획 수립이 필요하다. 현행 도시기본계획의 생활권 설정은 행정동 경계와 인구 분포, 계획가의 계획 논리를 통해 이루어지고 있으나, 실제 주민들의 통행 패턴은 이러한 행정 경계와 상이하게 나타났다. 특히 전주시의 경우 북부생활권 및 서부생활권 등에서 커뮤니티가 분할되거나 경계를 넘어서는 현상이 확인되었는데, 따라서 향후 생활권 계획 수립 시 이동통신 빅데이터 등 실증 데이터를 적극 활용하여 주민 통행 패턴을 반영한 생활권 경계를 설정할 필요가 있다.

둘째, 생활권 내 커뮤니티 중심지에 생활 SOC를 전략적으로 배치할 필요가 있다. 커뮤니티 탐지 결과 도출된 각 커뮤니티의 통행 밀집 지역에는 상업시설, 공공청사, 주거지 등이 집중되어 있음이 확인되었다. 따라서 각 커뮤니티의 중심지에 편의시설, 문화시설, 공공서비스 등 생활 SOC를 집중 배치하고, 보행 중심 환경을 조성하여 주민 접근성을 제고하는 방향으로 생활권 계획이 이루어져야 한다. 특히 생활권 경계가 중첩되거나 분할되는 지역에서는 중복 투자나 서비스 공백이 발생하지 않도록 권역 간 연계 전략을 마련할 필요가 있다.

셋째, 연령별 맞춤형 생활권 계획 수립이 필요하다. 전주시를 대상으로 한 커뮤니티 탐지 결과 아동 및 청소년, 청년, 중장년, 노년층의 통행 패턴이 서로 다른 공간적 커뮤니티를 형성하는 것으로 나타났다. 예를 들어 아동 및 청소년층은 학교를 중심으로 분산된 통행 커뮤니티를 형성하는 반면, 노년층은 상대적으로 근거리 중심의 통행 패턴을 보였다. 따라서 단일한 생활권 계획보다는 연령별 통행 특성과 시설 이용 수요를 반영한 맞춤형 생활권 계획 수립이 필요하다. 다만 연령별 통행 기반 활동권역이 서로 상이하다는 점은 모든 연령층을 아우르는 단일 생활권 경계 설정에 본 연구 결과를 직접 적용하는 데 한계가 있음을 의미하기도 한다. 따라서 본 연구 결과는 아동·청소년

년의 학군 경계 조정이나 노년층 생활 편의시설 입지 계획 등 연령별 특화 시설 계획 분야에서 더욱 직접적인 활용 가능성을 가진다.

넷째, 통행 기반 생활권 분석 결과와 행정구역 기반 생활권 간의 조율 방안이 마련되어야 한다. 현행 도시행정, 예산 편성, 공공서비스 제공은 행정동 등 행정구역 단위로 이루어지므로, 본 연구에서 도출된 주민 통행 기반 생활권 경계를 행정동 단위에 단순 대입하는 것은 현실적 한계가 있다. 따라서 주민 통행 기반 생활권 분석 결과를 생활권 경계 재설정의 근거 자료로 활용하되, 단기적으로는 복수의 행정동에 걸쳐 생활권 서비스를 공급하는 생활권 협력 거버넌스 체계 구축이 필요하다.

2. 연구의 한계 및 향후 과제

본 연구는 기존 행정구역 중심의 생활권 설정 방식에서 벗어나 실제 주민들의 통행 패턴을 기반으로 생활권을 구분함으로써 보다 구체적인 생활권 개념을 도입하였고, 연령대별로 다양한 생활권이 형성된다는 것을 밝힘으로써, 연령별 특성을 고려한 맞춤형 정책 수립의 필요성을 시사하였다. 또한 빅데이터 기반의 공간분석기법을 활용하여 정량적 근거 기반의 생활권을 설정하였다는 측면에서 의미를 갖는다.

하지만 본 연구는 다음과 같은 측면에서 한계를 가지며, 이를 바탕으로 향후 연구 과제를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 분석 데이터의 대표성에 있어 한계를 갖는다. 본 연구에서 활용한 통행 데이터는 LG U+ 가입자의 이동 기록에 한정되어 있어, 전체 전주시 주민들의 통행 패턴을 완전히 대표한다고 보기 어렵다. 따라서 향후 연구에서는 복수의 통신사 데이터 등 다양한 빅데이터를 통합하여 데이터의 대표성과 신뢰성을 제

고할 필요가 있다.

둘째, 분석 기간의 시간적 한계가 있다. 본 연구는 2024년 4월 한 달간의 데이터를 분석에 활용하였는데, 특정 월의 데이터는 계절적 요인이나 이벤트 등에 의해 통행 패턴이 일시적으로 변화할 수 있어, 연간 통행 패턴을 충분히 반영하지 못할 수 있다. 따라서 향후에는 계절별·시간대별 통행 패턴의 변화를 비교하는 연구가 필요하다.

셋째, 추정된 생활권의 실효성 검증이 필요하다. 본 연구에서 추정한 주민 통행 기반 생활권이 실제 도시계획 및 정책 적용에 있어 얼마나 효과적인지를 검증하는 후속 연구가 필요하다. 주민 설문조사나 공청회 등을 통해 생활권에 대한 주민 인식과 실제 체감 생활권을 비교하는 연구가 이루어진다면, 본 연구의 결과물이 실질적인 도시계획 수립과정에 더욱 적극적으로 활용될 수 있을 것이다.

넷째, 본 연구를 통해 도출한 주민 통행 기반 생활권의 행정 제도화 방안에 대한 구체적 검토가 미흡하다는 한계가 있다. 본 연구는 주민 통행 데이터를 기반으로 실증연구를 통해 생활권을 추정하였으나, 이를 현행 행정구역 체계 및 도시계획 제도에 어떻게 통합할 것인지에 대한 논의는 충분히 다루지 못하였다. 향후 연구에서는 생활권 계획의 법제화를 위한 제도적 근거를 마련하고 주민 통행 데이터 기반 생활권과 행정구역 경계의 중첩 분석을 통해 합리적 생활권 경계 조정 방안을 제시하는 심층 연구가 추가적으로 진행될 필요가 있다.

향후 본 연구의 결과물이 도시기본계획 및 생활권 계획 수립 과정에 적극 활용될 수 있기를 기대한다.

• 참고문헌

References

1. 김정우, 강범준. 2024. 서울시 15분 근린생활권의 실증과 지역생활권 경계 비교: 개인통행실태조사 데이터와 커뮤니티 탐지 알고리즘의 활용. *대한건축학회논문집* 40권, 6호: 119-130.
Kim Jung Woo and Kang Bumjoon. 2024. Defining Seoul's 15-minute neighborhood boundaries for evaluating administrative community area boundaries: using the personal travel survey data and community detection algorithms. *Journal of the Architectural Institute of Korea* 40, no.6: 119-130.
2. 국토교통부. 2023. 도시계획 혁신 방안. 세종: 국토교통부. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2023. Urban Planning Innovation Measures. Sejong: Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
3. 서울시. 2017. 2030 서울 생활권계획. 서울: 서울특별시. Seoul Metropolitan Government. 2017. 2030 Seoul Living Area Plan. Seoul: Seoul Metropolitan Government.
4. 오병록. 2012. 생활권 이론과 생활권계획 실태 분석 연구: 도시기본계획에서의 생활권계획을 중심으로. *서울도시연구* 13권, 4호: 1-20.
Oh Pyong Rok. 2012. A study on the neighborhood unit theory and the actual condition analysis of the neighborhood unit plan: focused on the neighborhood unit plan in urban master plans. *Seoul Urban Research* 13, no.4: 1-20.
5. 오병록. 2014. 가구통행실태조사 자료를 이용한 통행특성 분석과 생활권 기준 설정 연구: 서울시를 중심으로. *서울도시연구* 15권, 3호: 1-18. 서울연구원.
Oh Pyong Rok. 2014. A study on travel characteristics and the establishment of criterion for the size of the neighborhood unit by using the data of household travel diary survey in Seoul. *Seoul Urban Research* 15, no.3: 1-18.
6. 조윤, 성현곤. 2021. 통행패턴에 기반한 일상 생활권 설정: 충청권역을 중심으로. *국토계획* 56권, 3호: 92-103.
Cho Yoon and Sung Hyun Gon. 2021. Establishing the daily living areas based on travel patterns: focused on the Chungcheong Area. *Journal of Korea Planning Association* 56, no.3: 92-103.
7. 하재현, 이수기. 2016. 통행특성별 OD자료와 Community

- Detection 기법을 활용한 공간위계별 생활권 설정 연구: 2010년 수도권 가구통행실태조사자료를 중심으로. 국토 계획 51권, 6호: 79-98.
- Ha Jae-Hyun and Lee Su-Gie. 2016. A study on the designation of living zones by its spatial hierarchy using OD data and community detection technique: focused on the 2010 household travel survey data of the Seoul metropolitan area. *Journal of Korea Planning Association* 51, no.6: 79-98.
8. 하정원, 김예진, 이수기. 2024. 서울시 COVID-19 전후 기능적 생활권 변화 및 통행거리 영향요인 분석: 생활이동 빅데이터와 Community Detection을 활용하여. 국토 계획 59권, 2호: 73-92.
 - Ha Jung Won, Kim Ye Jin and Lee Su Gie. 2024. Analysis of functional living zones changes and influencing factors of travel distance before and after COVID-19 in Seoul, Korea: Using Mobile Phone-based Mobility Big data and Community Detection. *Journal of Korea Planning Association* 59, no.2: 73-92.
 9. Castells, M. 1996. *The Rise of the Network Society*. Oxford: Blackwell Publishers.
 10. Gao, S., Liu, Y., Wang, Y. and Ma, X. 2013. Discovering spatial interaction communities from mobile phone data. *Transactions in GIS* 17, no.3: 463-481.
 11. Liu, X., Gong, L., Gong, Y. and Liu, Y. 2015. Revealing travel patterns and city structure with taxi trip data. *Journal of Transport Geography* 43: 78-90.
 12. Louail, T., Lenormand, M., Picornell, M., Cantu Ros, O. G., Herranz, R., Frias-Martinez, E., Ramasco, J. J., and Barthelemy, M. 2015. Uncovering the spatial structure of mobility networks. *Nature Communications* 6: 6007.
 13. Martin, D. G. 2003. "Place-framing" as place-making: Constituting a neighborhood for organizing and activism. *Annals of the Association of American Geographers* 93, no.3: 730-750.
 14. Mumford, L. 1954. The neighborhood and the neighborhood unit. *The Town Planning Review* 24, no.4: 256-270.
 15. OECD. 2012. *Redefining Urban: A New Way to Measure Metropolitan Areas*. Paris: OECD Publishing.
 16. Poorthuis, A. 2018. How to draw a neighborhood?
- The potential of big data, regionalization, and community detection for understanding the heterogeneous nature of urban neighborhoods. *Geographical Analysis* 50, no.2: 182-203.
17. Traag, V. A., Waltman, L. and Van Eck, N. J. 2019. From Louvain to Leiden: Guaranteeing well-connected communities. *Scientific Reports* 9: 5233.
-
- 논문 접수일: 2026. 3. 20.
 - 심사 시작일: 2026. 4. 27.
 - 심사 완료일: 2026. 6. 16.

요약

본 연구는 지방 중소도시인 전주시를 대상으로 이동통신 빅데이터와 커뮤니티 탐지기법을 활용하여 실제 주민 통행 패턴에 기반한 생활권을 추정하는 데 목적이 있다. 기존 생활권 계획은 행정구역 경계를 기준으로 설정되어 주민들의 실제 통행 행태를 충분히 반영하지 못하는 한계가 있었다. 이를 극복하기 위해 본 연구에서는 LG U+ 기지국에서 수집된 휴대전화 위치데이터를 기반으로 7,626,366개 통행 데이터를 구축하고 분석에 활용하였으며, 전주시 전역을 100×100m 격자 단위로 구분하고 분석을 수행하였다. 커뮤니티 탐지는 라이덴(Leiden) 알고리즘을 적용하여 전체 통행과 함께 아동·청소년(19세 이하), 청년(20~39세), 중장년(40~64세), 노년(65세 이상) 등 연령대별로 수행하였으며, 모듈성 값은 0.26~0.44로 통계적으로 유의미한 커뮤니티 구조가 확인되었다. 분석 결과, 주민 통행 기반 생활권은 전주 도시기본계획에서 설정한 5개 생활권과 상당한 차이를 보였다. 전체 통행 분석에서는 6개 커뮤니티가 도출되었으며, 북부·서부생활권은 각각 2개로 분할되고, 남부·서부 경계를 가로지르는 커뮤니티도 확인되었다. 연령별 분석에서는 아동·청소년 8개, 청년·중장년·노년이 각각 7개의 커뮤니티를 형성하여 연령대에 따라 생활권의 공간적 구조가 다르게 나타났다. 이러한 결과는 행정구역 중심의 생활권 계획이 주민의 실제 통행 패턴을 반영하는 데 한계가 있음을 실증적으로 보여주며, 빅데이터 기반의 통행 분석을 활용한 연령 맞춤형 생활권 계획 수립의 필요성을 제시한다.

• **주제어:** 이동통신 빅데이터, 커뮤니티 탐지기법, 생활권 추정, 라이덴 알고리즘

